

ELSEVIER

微波成像技术国家重点实验室译著系列



国防电子信息技术丛书

Remote Sensing: Models and Methods for
Image Processing, Third Edition

遥感图像处理 模型与方法 (第三版)

[美] Robert A. Schowengerdt 著

尤红建 龙辉 王思远 等译
洪文 审校



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

国防电子信息技术丛书

微波成像技术国家重点实验室译著系列

遥感图像处理模型与方法

(第三版)

Remote Sensing
Models and Methods for Image Processing
Third Edition

[美] Robert A. Schowengerdt 著

尤红建 龙 辉 王思远

洪 文 审校



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是作者在长期讲授遥感课程的基础上编写而成的。书中从遥感本质出发,对遥感图像的物理模型、几何模型、数据模型等数学和物理模型进行了由浅入深的阐述,在图像处理方法上则对光谱变换、空间变换、几何校正和辐射校正、图像配准、图像融合和图像分类等重要方面进行了详细论述和讨论。书中给出了大量遥感实例图像和处理例子,尤其介绍了近年来发射的一些遥感器。本书还对高光谱遥感进行了阐述,给出了高光谱中分辨率成像光谱辐射计(MODIS)图像和处理的例子。

本书适合作为遥感相关专业的高年级本科生、研究生的教材,也适合广大专业科技工作者在涉及遥感相关应用时参考阅读。

Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing, Third Edition

Robert A. Schowengerdt

ISBN: 9780123694072

Copyright © 2007 Elsevier Inc. All rights reserved.

Authorized Chinese translation published by Publishing House of Electronics Industry.

Copyright © 2018 Elsevier Inc. and Publishing House of Electronics Industry. All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from Elsevier (Singapore) Pte Ltd. Details on how to seek permission, further information about the Elsevier's permissions policies and arrangements with organizations such as the Copyright Clearance Center and the Copyright Licensing Agency, can be found at our website; www.elsevier.com/permissions.

This book and the individual contributions contained in it are protected under copyright by Elsevier Inc. and Publishing House of Electronics Industry.

This edition of Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing is published by Publishing House of Electronics Industry under arrangement with ELSEVIER INC.

This edition is authorized for sale in mainland China, excluding Hong Kong, Macau and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本版由 ELSEVIER INC. 授权电子工业出版社在中国大陆(不包括香港、澳门以及台湾地区)出版发行。

本版仅限在中国大陆(不包括香港、澳门以及台湾地区)出版及标价销售。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受民事及刑事法律之制裁。

本书封底贴有 Elsevier 防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2007-4102

图书在版编目(CIP)数据

遥感图像处理模型与方法:第3版/(美)罗伯特·A.肖温格特著;尤红建等译.一北京:电子工业出版社,2018.7

(国防电子信息技术丛书)

书名原文:Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing, Third Edition

ISBN 978-7-121-33902-8

I. ①遥… II. ①罗… ②尤… III. ①遥感图象-图象处理 IV. ①TP751

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 056166 号

策划编辑:马 岚

责任编辑:马 岚 特约编辑:马晓云

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:21.5 字数:576 千字 彩插:8

版 次:2018 年 7 月第 1 版(原著第 3 版)

印 次:2018 年 7 月第 1 次印刷

定 价:89.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: classic-series-info@phei.com.cn。

国防电子信息技术丛书

国防电子基础

General Defense Electronics

| | |
|----------------|-------------------|
| 军事信息技术基础 | 978-7-121-30770-6 |
| 雷达信号处理基础 (第二版) | 978-7-121-27811-2 |
| 短波天馈线系统 | |
| 航空无线电通信系统与网络 | 978-7-121-14406-6 |
| 现代信号谱分析 | 978-7-121-17486-5 |
| 自动调制样式分类 | |
| 比特流分析 | 978-7-121-33676-8 |

集成电路辐射效应与加固技术

Radiation Effects and Hardening Techniques of Integrated Circuit

| | |
|----------------------|-------------------|
| 空间单粒子效应 | |
| ——影响航天电子系统的危险因素 | 978-7-121-28197-6 |
| 现代电子系统软错误 | 978-7-121-29097-8 |
| 现代集成电路和电子系统的地球环境辐射效应 | |

天线工程

Antenna Engineering

| | |
|-------------------|-------------------|
| 天线理论与技术 (第2版) | 978-7-121-25435-2 |
| 天线 (第四版) | |
| 天线理论——分析与设计 (第三版) | |
| 现代天线设计 (第二版) | 978-7-121-34366-7 |
| 空间天线手册 | 978-7-121-30701-0 |
| 相控阵天线手册 (第三版) | |
| 阵列天线的雷达应用技术 (第二版) | |

电子战

Electronic Warfare

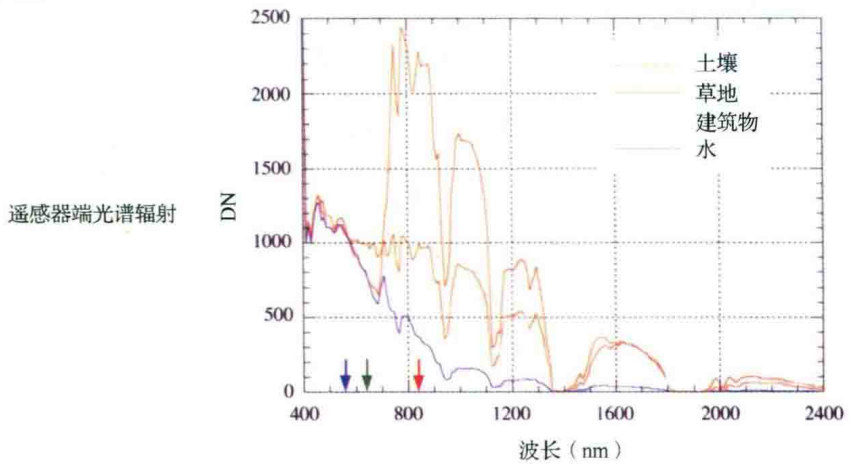
| | |
|--------------------|-------------------|
| 电子战原理与应用 | 978-7-121-31474-2 |
| EW103: 通信电子战 | 978-7-121-31023-2 |
| EW104: 应对新一代威胁的电子战 | 978-7-121-32560-1 |
| 电子战目标定位方法 (第二版) | 978-7-121-20069-4 |
| 宽带数字接收机技术 (第三版) | |
| 雷达对抗干扰有效性评估 | 978-7-121-33189-3 |

出版及购书热线

Tel: 010-8825 4557 E-mail: malan@phei.com.cn

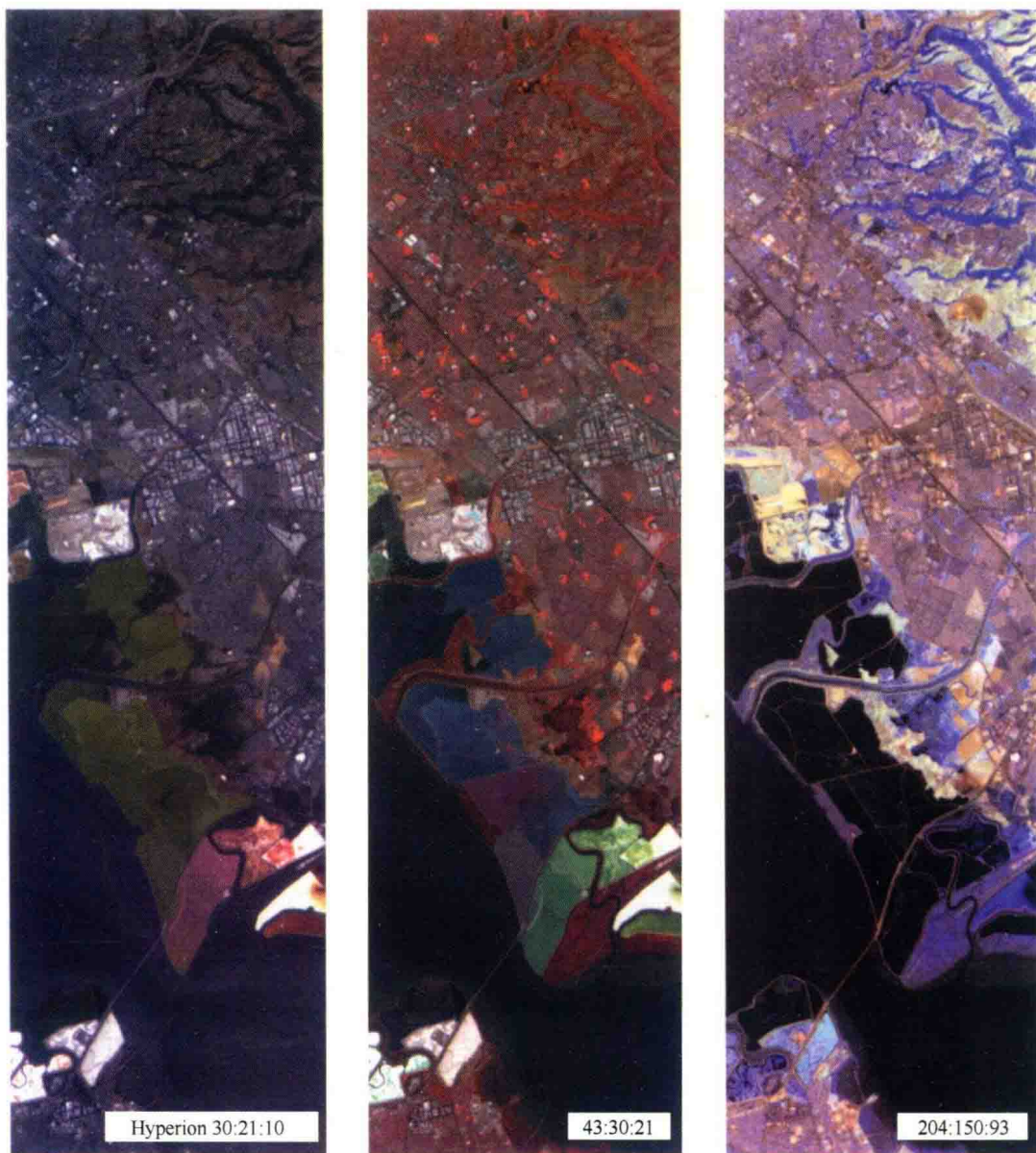


AVIRIS 51:27:17



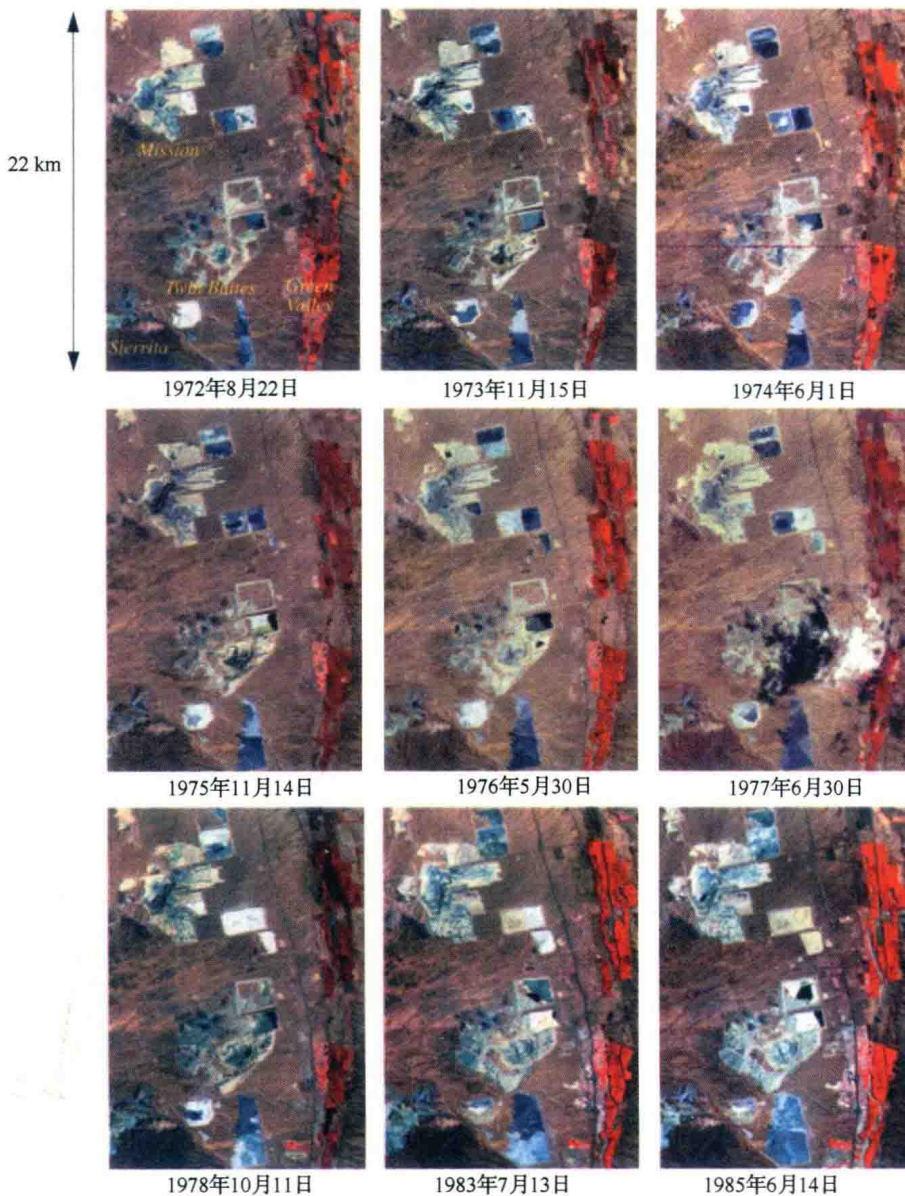
彩图 1.1

这幅图像是 1990 年 7 月 23 日获取的美国加州 Palo Alto 的 AVIRIS 图像,用它来说明高光谱数据。将波段 51、波段 27 和波段 17 分别表示为红色、绿色和蓝色而合成了 CIR(在图中用箭头标识了其波长),它们只用了全部图像数据的 1.5%。4 个像元(黄色正方形的中心)用来提取光谱剖面。它们代表了斯坦福大学校园内的干沙、大型商业建筑物的屋顶、Palo Alto 高尔夫球场、旧金山湾盐蒸发池。AVIRIS 数据经过了遥感器辐射定标,但没有进行大气效应的校正。整个谱段上的大气扩散很明显是向蓝色光谱区逐渐增加的,它们正好对应着 H_2O 和 CO_2 的主要吸收波段(图像来自 NASA/JPL)



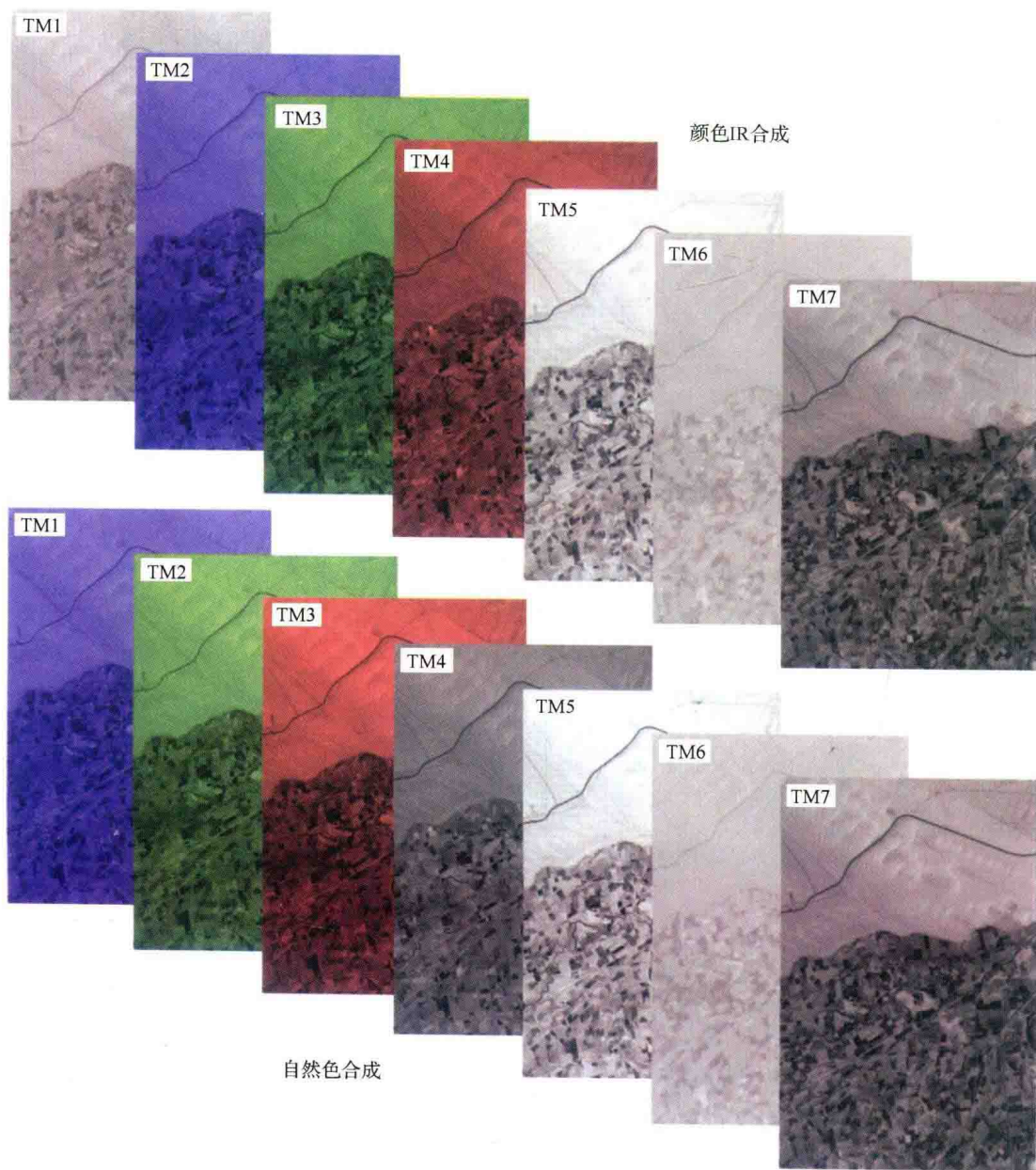
彩图 1.2

Hyperion 高光谱数据合成的三种彩色图像。Hyperion 曾经装在 NASA 的 EO-1 试验卫星上,该卫星还装有高级陆地成像仪(ALI),每种合成中所采用的三个波段分别表示为红色、绿色和蓝色。左边的图像是“天然彩色”合成,接近于自然视觉图像。中间的一幅图像是彩红外合成,植被显示为红色。右边的图像采用 SWIR 波段显示非视觉信息。图像显示了 2002 年 7 月 31 日旧金山湾东部地区情况,包括了图下方的 Dumbarton 大桥、Hayward 市及中部的 Union City 和 Fremont。真彩色和彩红外合成图上的绿色特征是盐蒸发池,其中许多属于天然湿地的修复计划(<http://www.Southbayrestoration.org>)



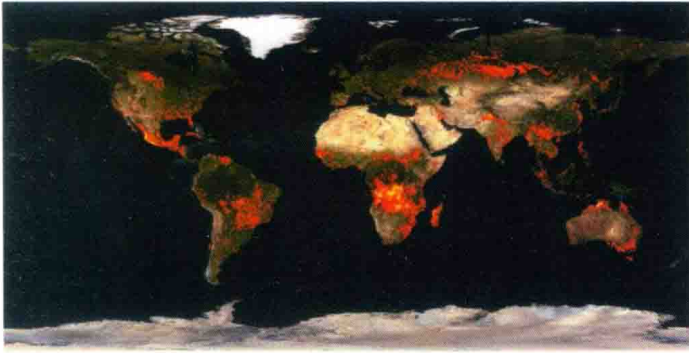
彩图 1.3

遥感图像能够长期记录人类对环境的影响。这一系列 Landsat MSS CIR 图像显示了亚利桑那州图森南边的大型铜矿开采,也包括了沿着右侧的非灌溉山核桃果园,以及果园和矿井之间的绿色峡谷上正在兴建的退休社区。这个地区有 3 个大型露天凹陷矿 Mission, Twin Buttes 和 Sierrita。大的多边形结构是从露天矿引出的残渣废料池,深蓝-黑色区域是潮湿材料和地表水。注意,1974 年的图像上有噪声数据,1977 年的图像上有云及其阴影。可以十分明显地看出在这 13 年间采矿的发展和绿色峡谷的开发

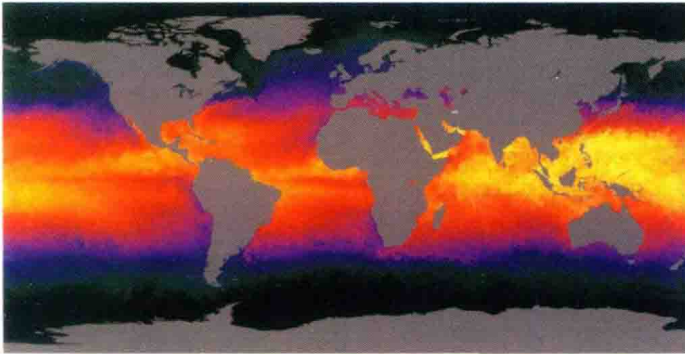


彩图 1.4

Landsat TM 和 ETM + 两种普通的彩色合成组合

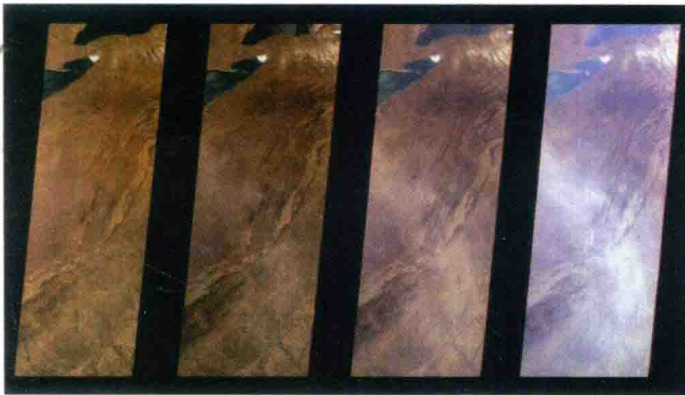


2015年5月11日至20日的火场图



-2°C 35°C

2001年6月2日至9日的海表温度



0° +45.6° +60.0° +70.5°



前向

+45.6°

-45.6°

后向

-70.5°

0° (天底点)

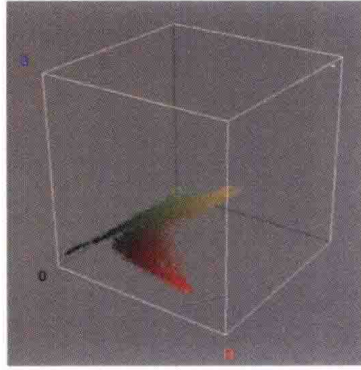
彩图 1.5

两幅规则的 MODIS 产品分别显示了全球火场图和海表温度图。在火场图中,红色表示每个像元至少有一个火点,而黄色表示在 10 天的合成期间每个像元上探测到的大量火点。Justice et al. (2002) 和 Giglio et al. (2003) 详细给出了火场图像产品及其算法。MODIS 遥感器测量的海表温度精确到大约 0.25°C 以内(与船舶和浮标的采样数据相比),它的精度已经比以前发射卫星的测量精度高两倍。它每天测量全球海表温度 (Sea Surface Temperature, SST) 且精度达到 0.5°C ,这是全球海图几十年来的一个目标

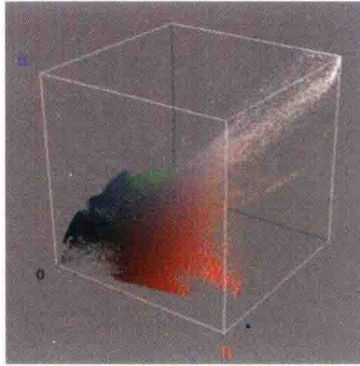
彩图 2.1

NASA Terra 卫星上多角度成像光谱辐射仪 (MISR) 设备获取的天然彩色图像。上面是 2000 年 6 月 14 日美国东部地区的图像,从安大略湖到北佐治亚,中间穿过了 Appalachian 山。随着斜角的增大,穿过大气的太阳光线会变长,薄雾也变得越发明显。下面的一组图显示了 2000 年 6 月 28 日美国中部 Chesapeake 海湾的东海岸地区。图像宽约 400 km,而 GSI 是 1.1 km (NASA/GSFC/JPL 的 MISR 科研组提供了图像和说明)

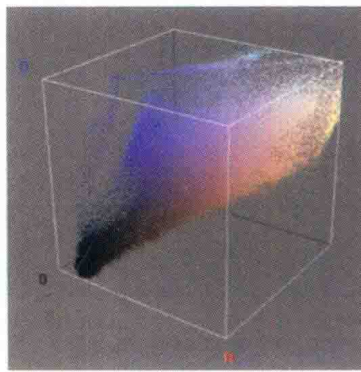
TM 4:3:2



Hyperion 43:30:21

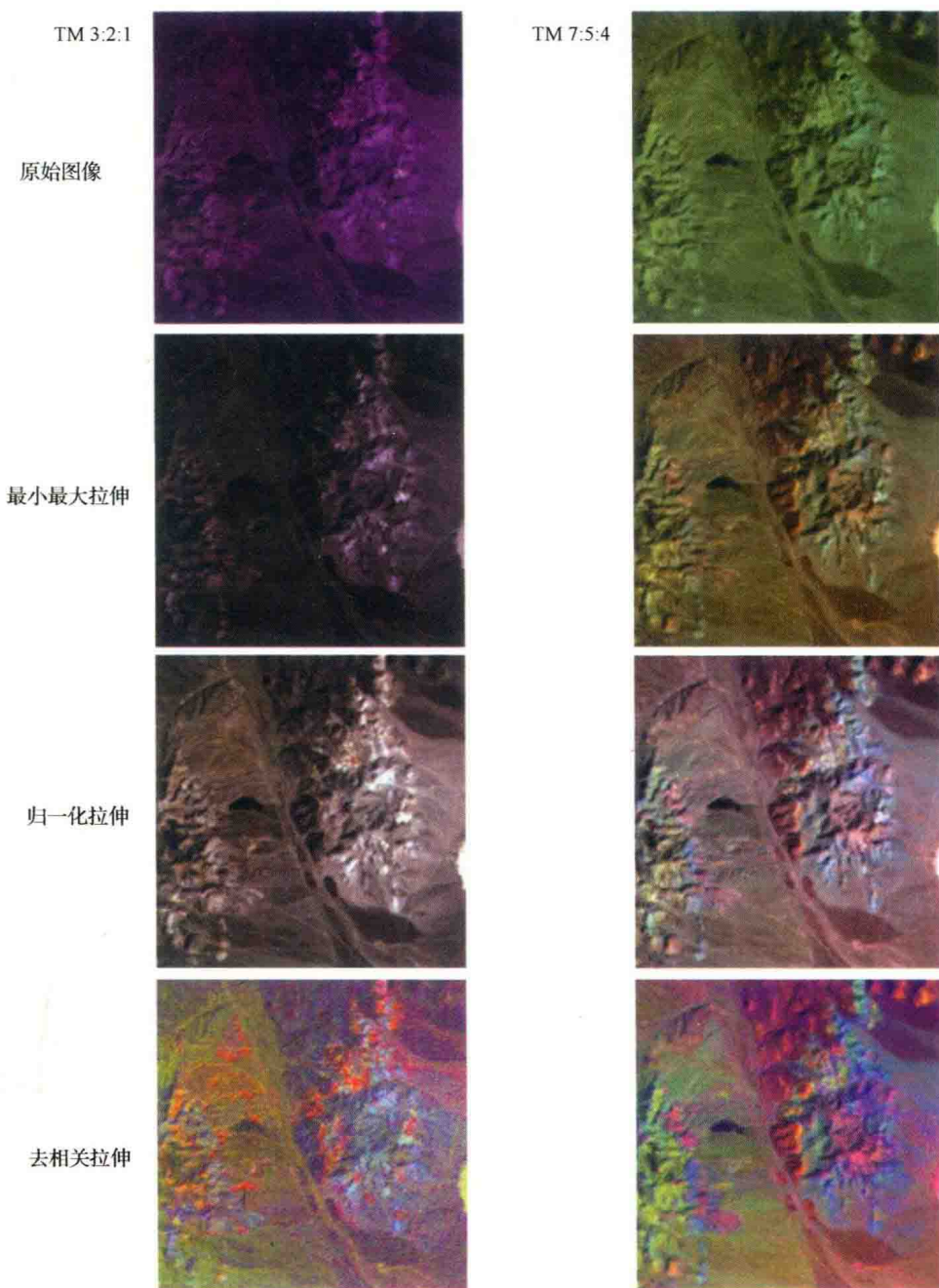


Hyperion 204:150:93



彩图 4.1

彩色图像合成的三个示例及其三维颜色散布图。注意,在 TM CIR 合成图像和 Hyperion CIR 合成图像上可以清楚地分辨出土壤、水和植被的光谱矢量。为了显示而进行了对比度增强,使 Hyperion 的 SWIR 合成有一些过饱和的像元(三维散布图的右上方)。用于生成这些颜色散布图的软件可以交互旋转颜色立方体和散布图(Barthel, 2005)

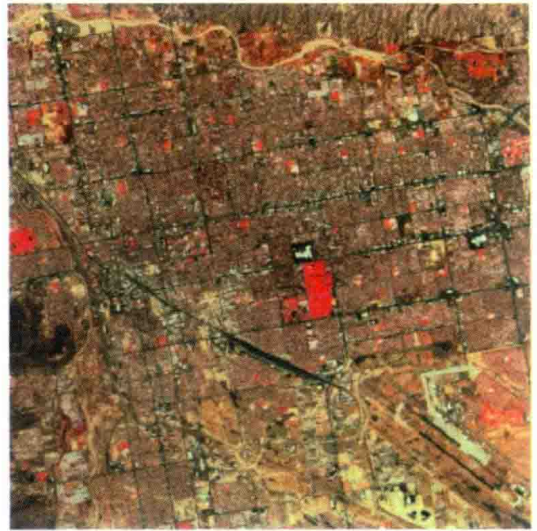


彩图 5.1

对美国内华达州赤铜矿 TM 图像的色彩进行对比度增强的实例。在可见光谱段上,这个沙漠地区具有相对较少的光谱内容(左列图像);去相关拉伸处理增强了数据中光谱的小变化的显现,但也导致图像中出现了一些噪声。在 NIR 和 SWIR 图像(右列图像)中,清楚地显示了含矿物的变化并可以很容易地增强



TM 4:3:2



高斯拉伸(值)



H

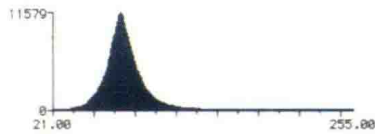


S

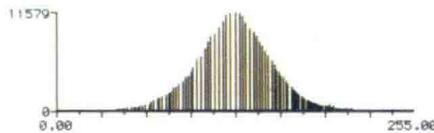


V

值图



高斯拉伸值图



拉伸了的V

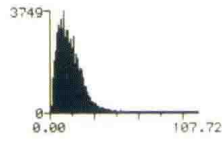
彩图 5.2

应用图 5.29 的方法对亚利桑那州图森的一幅彩色图像进行数值处理(亮度)。中间行显示了六维体颜色空间分量。用 CDF 参考对数值分量进行拉伸处理,从而能与均值为 128、标准差为 32 的高斯分布相匹配,然后再计算 CST 逆变换,就生成了右边的彩色图像。图像的对比度得到了增强,而色调和饱和度几乎没有变化

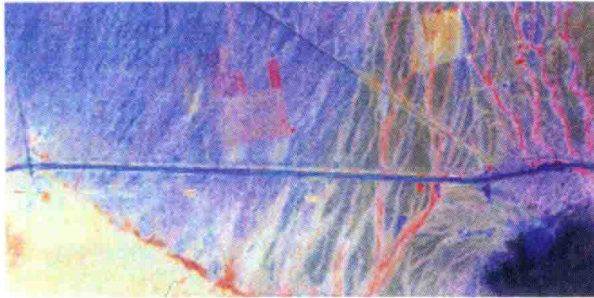
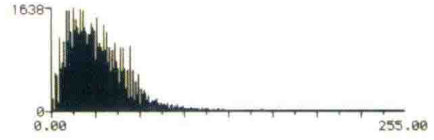


TM 4:3:2

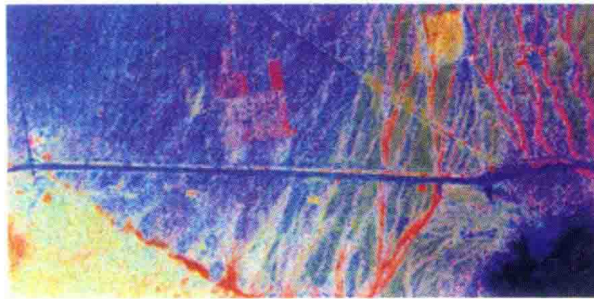
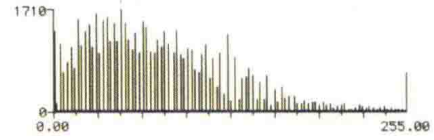
饱和度分量图



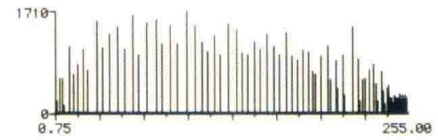
按比例饱和[0,255]



2%饱和的饱和

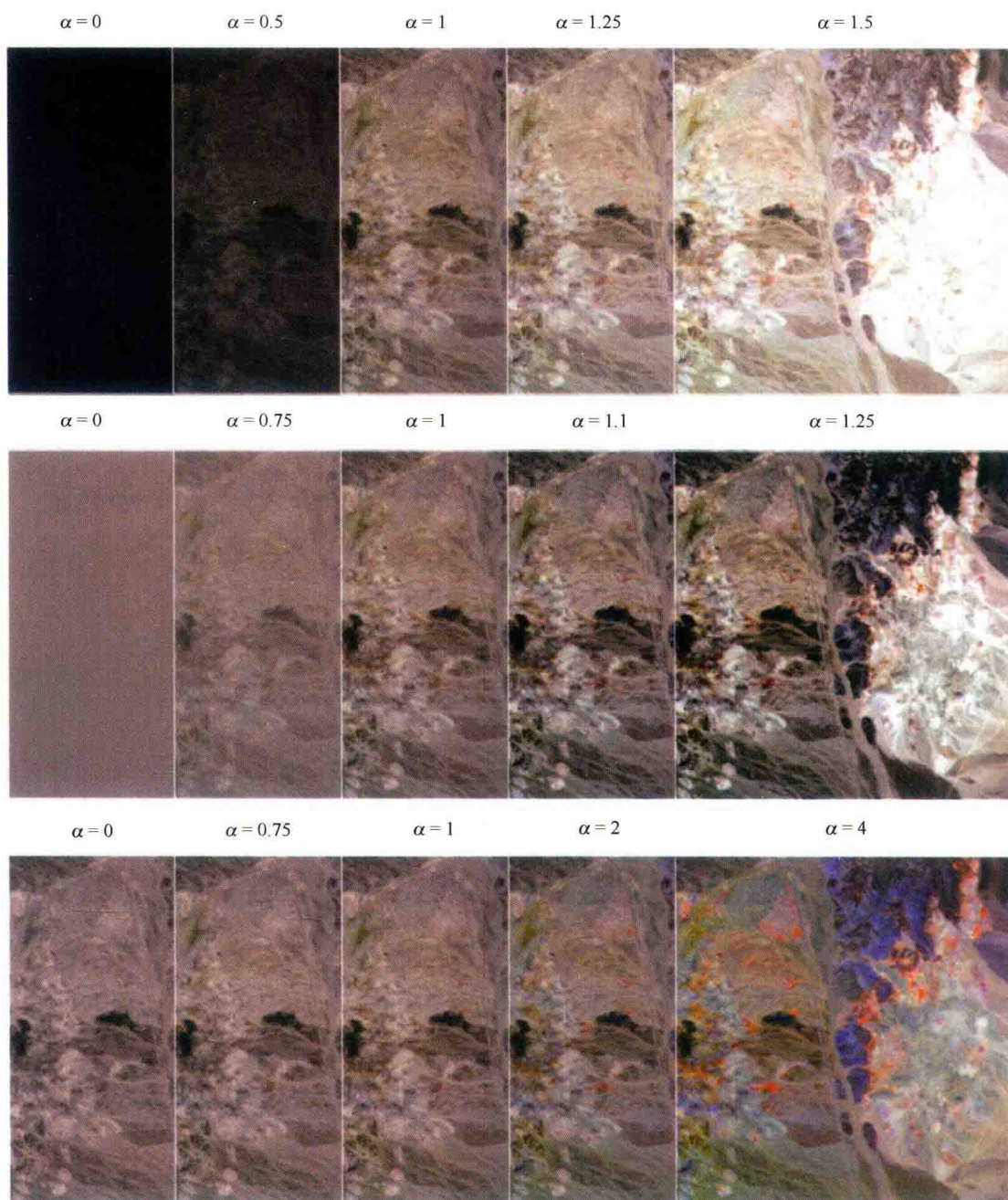


直方图均衡的饱和



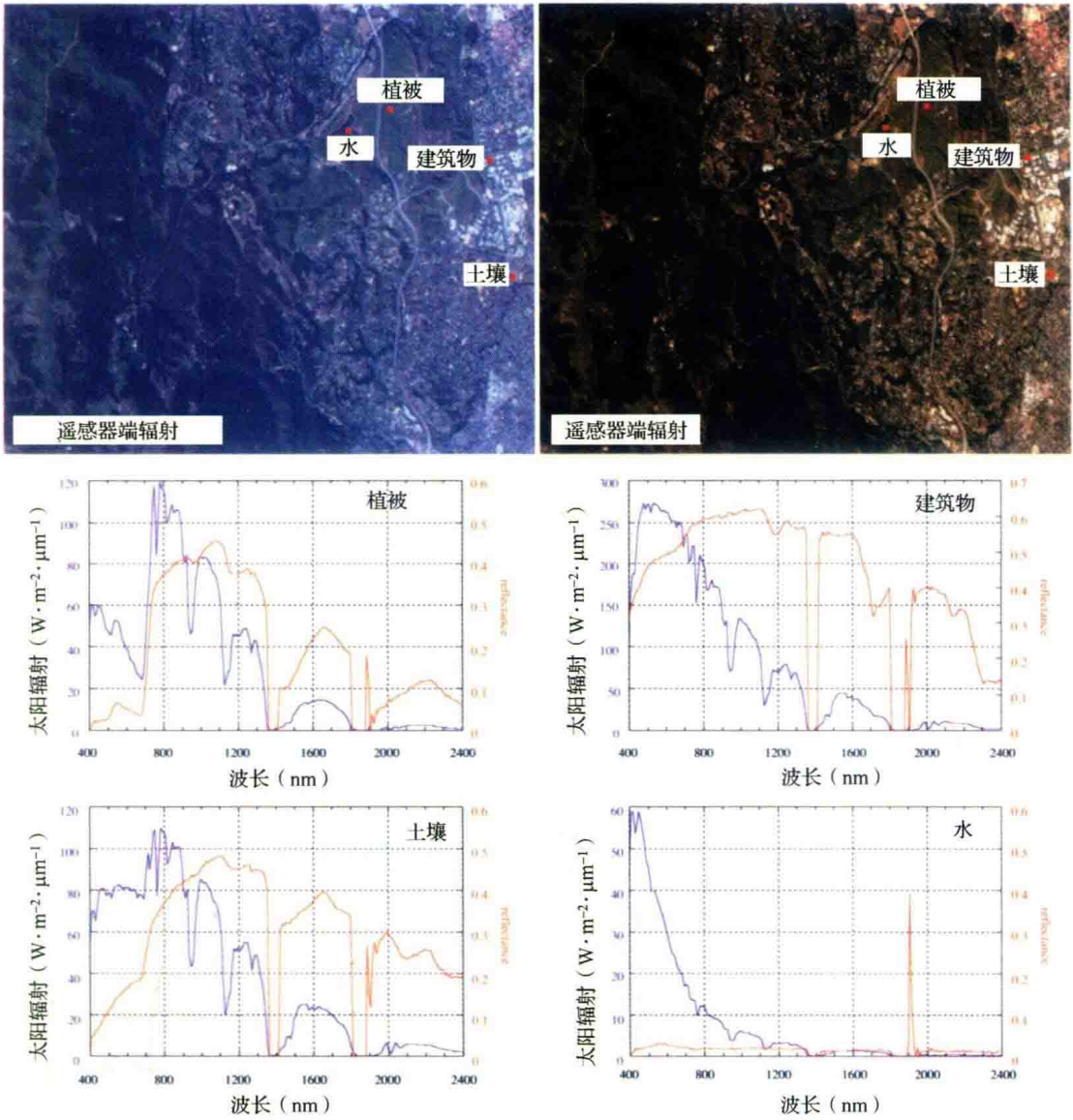
彩图 5.3

用图 5.29 的方法对彩色图像的饱和度进行处理。合成的沙漠地区原始 TM 图像上,光谱内容很单薄,通过拉伸饱和度分量可以对它进行放大。由于这里使用的六锥体 CST 算法有其特殊要求,因此饱和度的范围是 $[0, 255]$,其他算法可以采用不同的运算范围,比如 $[0, 1]$ 或 $[0, 100]$



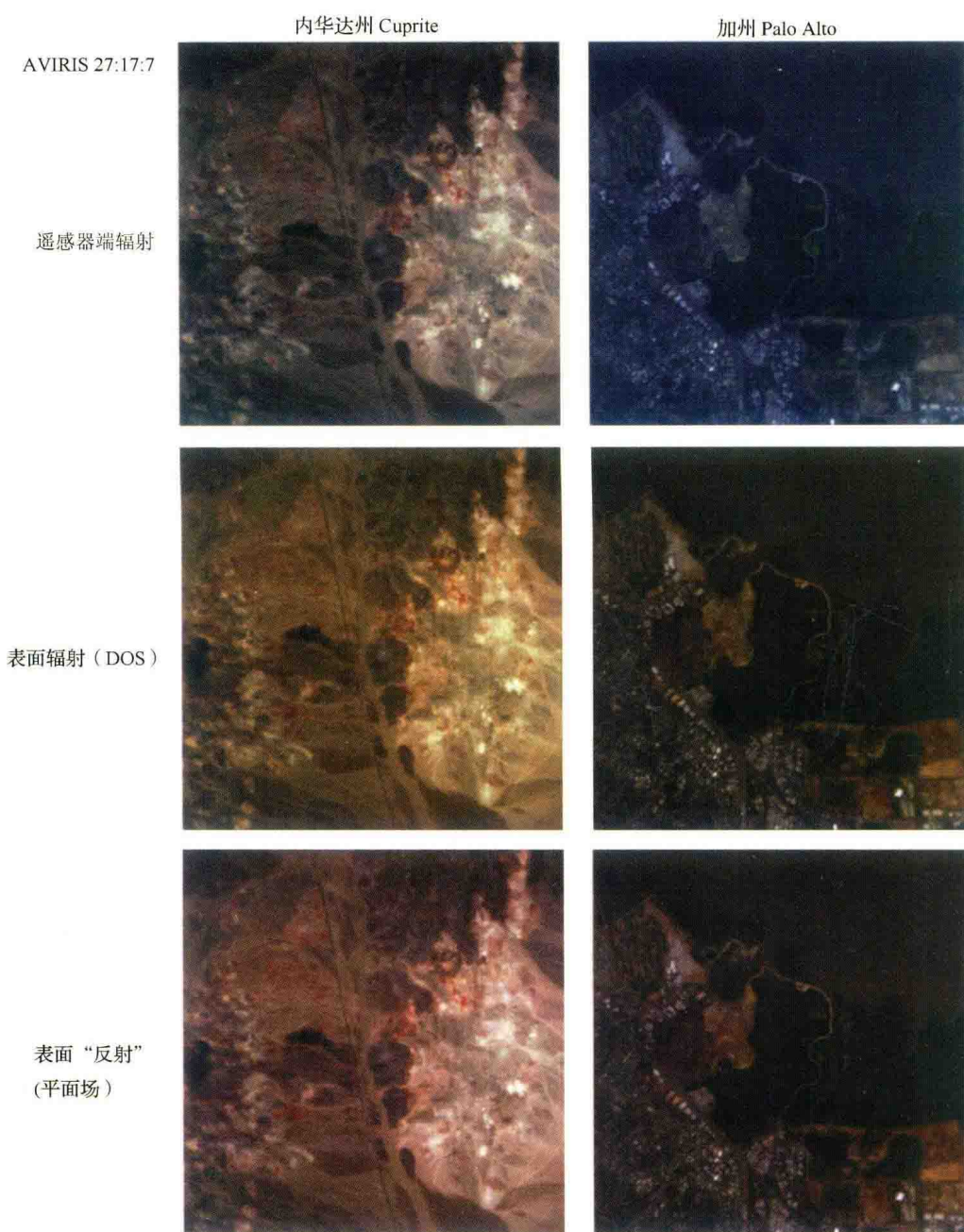
彩图 5.4

用来改变亮度(最上行)、对比度(中间行)和饱和度(最下行)的图像合成算法,这幅图像是内华达州赤铜矿的 AVIRIS CIR 图像。 $\alpha = 0$ 对应于 image 0, $\alpha = 1$ 对应于 image 1



彩图 7.1

对加利福尼亚州 Jasper Ridge 的 AVIRIS 图像(摄于 1997 年 4 月 3 日)进行的大气辐射校正。校正过程中使用了类似 ATREM 的步骤,即只使用了一个地面测量的土壤反射光谱段。传感器端辐射和“反射”显示为波段 30、波段 20 和波段 9 的自然光成分。这三个波段在每一幅图像中显示时都有相同的最大值和最小值,这样可以保证相对的色彩平衡性。由于传输路径辐射、太阳光谱辐射及大气传播辐射造成的蓝色薄雾在校正中得到了消除。尽管如此,这个例子中并没有进行地形校正,因此每个像元的“反射率”并没有完全标定。图像中 4 个位置像元的频谱图表示了传感器端的辐射(蓝色)和反射率(红色)。在水吸收波段 1900 nm 附近出现一个反射率“尖峰”。这是一个在高光谱分辨大气校正算法中常见的人为干扰。一些校正程序,例如 HATCH,试图通过增强反演光谱的平滑标准来减少这样的人为干扰(图像和处理说明来自 NASA/JPL)



彩图 7.2

两幅 AVIRIS 图像中使用天然色显示了 DOS 对大气传播路径中辐射校正的效果,以及随后利用亮目标现场进行平面场校准的效果。一幅图像是干燥的沙漠地区 (Cuprite), 另一幅图像是海岸带地区 (Palo Alto)。所有图像都使用相同的 LUT 来保证它们相对的色彩范围。表面“反射”率图像没有对地形阴影进行校正。这些标准化技术并不需要彩图 7.1 中使用的大气模型



双线性重采样到10 m



和全色波段进行CST融合



和全色波段进行PCT融合

彩图 8.1

对 2001 年 7 月 27 日获取的一幅 ALI 图像进行特征空间融合。结果显示了亚利桑那州 Mesa 地区的 Pima 高速公路和 Red Mountain 高速公路的交叉点。原始 ALI 数据为 1R 级,即只有辐射校正而没有几何校正。注意,在 CST 融合的 CIR 图像中,植被颜色并没有保留下来。这是由于 ATL 全色波段没有包括 NIR 光谱区域,因此和被替换的成分相关性不大。这里使用了把亮度定义为数值的六锥 CST 颜色空间;采用亮度成分进行不同定义的 CST 算法对相关性或多或少会产生一些影响